

降低 TOBSPIN 切丝机“窗花烟丝”的研究

庞哲忠¹ 郭鑫鑫² 康文军³

陕西中烟工业有限责任公司延安卷烟厂, 陕西 延安 716000

[摘要]针对 TOPSPIN 切丝机切制“窗花烟丝”问题, 在分析进料烟块所受摩擦力后, 对 TOPSPIN 刀门压力进行梯度试验及输送通道侧板的摩擦力试验, 确定出最佳刀门压力及具有更小摩擦系数的侧板材料, 减少了“窗花烟丝”的切制量。同时利用 SolidWorksSimulation 软件对输送通道内的烟叶进行静力学分析, 验证了刀门压力选择的合理性。在更改刀门压力及侧板材料后, “窗花烟丝”占比降至 0.53%, 切丝合格率提升至 99%, 大幅提升了烟丝切制质量, 提高了设备利用率。

[关键词]TOBSPIN 切丝机; 刀门压力; SolidWorks; Simulation 软件

DOI: 10.33142/aem.v5i8.9443

中图分类号: TS432

文献标识码: A

Research on Reducing TOBSPIN Cutting Machine's "Window Flower Cut Tobacco"

PANG Zhezhong¹, GUO Xinxin², KANG Wenjun³

Yan'an Cigarette Factory of China Tobacco Shaanxi Industry Co., Ltd., Yan'an, Shaanxi, 716000, China

Abstract: In response to the problem of cutting "window flower cut tobacco" with TOPSPIN cutting machine, after analyzing the friction force on the feed tobacco block, gradient tests were conducted on the TOPSPIN blade pressure and the friction force test on the conveyor channel side plate to determine the optimal blade pressure and side plate material with a smaller friction coefficient, reducing the cutting amount of "window flower cut tobacco". At the same time, the statics analysis of tobacco leaves in the conveying channel was carried out using SolidWorks Simulation software to verify the rationality of the selection of knife gate pressure. After changing the pressure of the blade door and the material of the side panel, the proportion of "window flower cut tobacco" decreased to 0.53%, and the qualified rate of cutting tobacco increased to 99%, significantly improving the quality of tobacco cutting and improving equipment utilization.

Keywords: TOBSPIN wire cutting machine; knife gate pressure; SolidWorks; Simulation software

引言

目前, 我厂切丝设备主要由 TOBSPIN 切丝机和 SQ 系列切丝机两大机型构成。其中, TOBSPIN 切丝机属于德国 HAUNI 公司的进口设备, 在设备运行稳定性以及切制质量上, 相较于 SQ 系列切丝机, 均具有一定优势^[1]。但在实际切制过程中, TOBSPIN 切丝机一直存在“搓卷”烟叶、“窗花”烟丝现象, 长期制约该设备的性能发挥。为进一步凸显其使用效果, 有效降低“窗花”烟丝的质量隐患, 本文重点研究针对 TOBSPIN 切丝机切制质量的改进, 通过查找造成“窗花”烟丝的各种因素, 进行原因分析, 并制定技术措施实施改进, 使所切制“窗花”烟丝数量明显降低。

1 现状调查

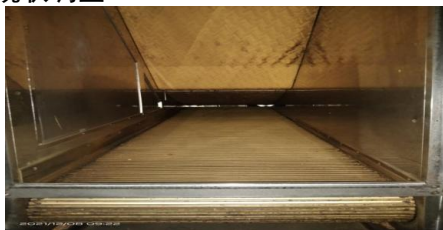


图1 物料输送通道

TOBSPIN 切丝机进料装置主要由上下排链、预压实输送带及两侧机身侧墙板组成物料输送通道, 如图1所示^[2]。

物料在实际输送过程中, 由预压实输送带预压紧后, 在铜排链的正向压力及转动输送作用下, 经上下排链与两侧墙板形成的封闭空间不断输送至刀门切制成丝^[3-4]。

经过现场研究发现, TOBSPIN 切丝机在进料过程中, 受挤压的物料与左侧安装的两块有机玻璃观察窗接触摩擦, 引起物料在观察窗可视部分产生“搓卷”现象, 导致物料形成卷筒形状, 被送入刀门处切制后, 便会出现“搓卷”烟叶, 进而形成“窗花”烟丝如图2所示。另一方面是来料中存在折叠烟叶, 当进入铜排链隧道内, 在形成“烟饼”的过程中被挤压、褶皱, 切制后叶丝与叶丝之间相互连接, 也会产生“窗花”烟丝, 如图3所示。目前由于“窗花”烟丝的比例较多, 存在质量缺陷, 造成 TOBSPIN 切丝机一直未能发挥出实际效能。



图2 搓卷烟叶



图3 “窗花”烟丝

为调研“窗花”烟丝在实际生产过程中的占比情况，我们对 TOBSPIN 切丝机切制某 A 牌号烟叶时取样测试 6 批次，具体统计结果如下：

表 1 “窗花”烟丝占比情况

序号	日期	牌号	“窗花”烟丝 (%)
1	11.6	A	12.8
2	11.7	A	11.6
3	11.8	A	12.3
4	11.9	A	15.3
5	11.9	A	13.1
6	11.10	A	12.6
平均	/	/	12.95

由上表可知，6 批牌号 A 平均“窗花”烟丝数量占比 12.95%，切丝合格率平均为 87.05%，存在一定的质量缺陷，造成 TOBSPIN 切丝机不能正常投入使用，设备利用率低，折旧费用与贡献率不匹配，因此消除烟叶的“搓卷”现象是本文待解决的难点。

2 理论分析

经现场调查后发现，烟叶的“搓卷”是由在进料时与进料输送通道两侧的有机玻璃摩擦造成的。物料在输送通道以一定速度与两侧板产生摩擦，属于滑动摩擦。滑动摩擦的摩擦力计算公式如下：

$$F = \mu F_N \quad (2-1)$$

其中， μ 为滑动摩擦系数（动摩擦因数）， F_N 为物体所受的正压力。由公式可知，滑动摩擦力的大小与接触面的粗糙程度的大小和压力大小均成正比。所以针对烟叶“搓卷”现象，我们可以从减小烟叶受侧板压力和侧板摩擦系数开始研究，以减少烟叶与侧板间的摩擦力。

在研究侧板对烟叶的压力时，为研究方便，同时由于受挤压烟块内部分布紧密，各处内应力基本相同，所以我们做出以下两点假设：

- (1) 烟块内部密度均匀一致；
- (2) 烟块内部各处内应力大小相等；

由于烟叶受侧板的压力的同时受刀门正向压力的作用，所以在此假设基础上，可知烟叶受侧板的压力大小与受刀门正向压力成正比，且比值为 1，从而可转化为寻求最佳刀门压力。同时，当刀门压力过小，烟叶较松散，与侧板摩擦系数变大；当刀门压力过大，烟叶紧实，但与侧板间的压力变大；因此只有适当刀门压力才能使得烟叶与侧板间摩擦力最小。由于 TOBSPIN 切丝机与 SQ 切丝机都要对物料进行压实与输送，且物料与各自侧板均有摩擦，故考虑借鉴 SQ 切丝机的理论最佳刀门压力，即在保证切丝质量前提下的最小刀门压力，然后通过分析对比，确定出 TOBSPIN 切丝机的最佳刀门压力。

现假定 SQ 切丝机与 TOBSPIN 切丝机的刀门盖板面积分别为 S_1 、 S_2 ，理论最佳刀门压力分别为 F_{best} 、 F'_{best} ，单

位接触面积所受压力，即压强分别为 P_1 、 P_2 ，则根据压强公式，可求得 TOBSPIN 切丝机最佳刀门压力，具体如下：

$$P_1 = \frac{F_{best}}{S_1} \quad (2-2)$$

$$P_2 = \frac{F'_{best}}{S_2} \quad (2-3)$$

$$P_1 = P_2 \quad (2-4)$$

由以上公式可得 TOBSPIN 切丝机最佳刀门压力 F'_{best} 如下：

$$F'_{best} = \frac{S_2}{S_1} F_{best} \quad (2-5)$$

公式中涉及到的各参数表如下：

表 2 参数表

对象特性	长度/cm	宽度/cm	面积/cm ²	最佳压力/N
TOBSPIN 刀门盖板	50.7	6.8	344.76	/
SQ 刀门盖板	41	6.5	266.5	/
SQ 切丝机压力	/	/	/	[89.1, 96.5]

对上表进行单位换算后，取 SQ 切丝机刀门最佳压力范围的中值，代入公式 (2-5) 中可得到 TOBSPIN 切丝机最佳刀门压力 F'_{best} 为 0.12KN。

对于影响摩擦力的另一因素滑动摩擦系数，由于摩擦系数与物体材料唯一相关，所以我们实际查阅相关资料，确定选取不锈钢（304）、有机玻璃、铝板以及表面喷涂特氟龙的不锈钢作为备选材料，并对其各自的摩擦系数进行比对，具体如表所示：

表 3 各材料摩擦系数

接触材料	滑动摩擦系数
有机玻璃-烟叶	0.6-0.75
304 不锈钢-烟叶	0.15-0.30
特氟龙-烟叶	0.08-0.12
铝板-烟叶	0.36-0.38

由表可知，特氟龙与烟叶接触时，其相互间的摩擦系数最小，由于滑动摩擦系数与摩擦力成正比，所以从理论上选取表面喷涂特氟龙的不锈钢作为 TOBSPIN 切丝机物料输送通道侧板效果最佳。

3 解决措施

针对 TOBSPIN 切丝机切制“窗花”烟丝问题，我们经理论分析研究后，其产生原因是 TOBSPIN 切丝机进料输送通道内的两侧板以及上下排链对烟块的作用力导致烟叶有“搓卷”现象。对此，我们采取以下措施：

(1) 对不同刀门压力进行梯度试验，选择合适刀门压力；

(2) 更换侧板材料，减少烟叶与切丝料仓的摩擦；

3.1 TOBSPIN 切丝机刀门压力的选择

我们在刀门压力工艺参数范围内选择 0.1KN、0.12KN、

0.13KN、0.15KN 四个参数进行梯度试验^[5]，在切制同一牌号不同批次时，对应每个刀门压力，在切丝过程中段分别抽取六组各 20g 叶丝作为统计对象，最后进行数据汇总，计算“窗花”叶丝的占比值，试验数据如下：

表 4 不同刀门压力的“窗花”量

刀门压力	测试数据 (g)							
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	平均值	占比
0.10 KN	1.39	2.39	2.98	1.01	3.47	4.83	2.678	13.39%
刀门压力	测试数据 (g)							
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	平均值	占比
0.12 KN	1.88	1.91	1.94	1.79	1.89	1.99	1.900	9.50%
刀门压力	测试数据 (g)							
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	平均值	占比
0.13 KN	1.81	2.17	2.58	2.67	2.53	2.27	2.338	11.69%
刀门压力	测试数据 (g)							
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	平均值	占比
0.15 KN	2.27	2.84	2.04	2.32	2.23	2.62	2.387	11.94%

由上表可看出，当刀门压力为 0.12KN 时，“窗花”烟丝重量实测占比最小为 9.50%。同时，随着刀门压力增加，烟叶从松散到紧实，烟叶与侧板的正压力与摩擦系数的乘积最小，摩擦力最小。由表也可看出“窗花”烟丝的占比先降低后增大，这与理论分析相符，也验证了实验数据的可靠性。

3.2 TOBSPIN 切丝机侧板材料的选择

为确定不同材料与烟叶的摩擦力大小，项目组通过与社会专业力学检测机构共同合作，使用正常生产的牌号烟叶在不同的工艺要求水分的 4 个梯度（18%、19%、21%、22%）开展测试，对不同的材料在相同面积压力下进行摩擦力实验，结果显示涂敷特氟龙的不锈钢摩擦力最小，烟叶“搓卷”的现象也大幅度减少，报告关键数据如下：

序号	材料	含水率	摩擦系数	备注
1	304 不锈钢	18%	0.84	
2		19%	0.85	
3		21%	0.87	
4		22%	0.89	
5	特氟龙	18%	0.79	
6		19%	0.87	
7		21%	0.88	
8		22%	0.96	
9	有机玻璃	18%	1.05	
10		19%	1.11	
11		21%	1.08	
12		22%	1.14	
13	特氟龙	18%	0.38	
14		19%	0.33	
15		21%	0.42	
16		22%	0.39	

图 4 检测报告



图 5 特氟龙不锈钢

最终确定不锈钢 304 材质涂覆特氟龙与烟叶摩擦系数最低。随后，测绘原有机玻璃的尺寸，拆卸、更换表面

涂覆特氟龙材料的 304 不锈钢通道侧板，更换后效果如图 5 所示。

4 效果验证

4.1 三维软件 SolidWorks Simulation 静力学分析

为比较在不同刀门压力下，烟叶所受侧板压力的大小，本文利用三维软件 SolidWorks 的 Simulation 的静力学分析模块进行分析验证。首先根据 TOBSPIN 切丝机进料输送通道的形状，建立对应的烟块三维模型；然后进行前处理，包括选择模型材料、加载约束与载荷，对模型进行网格划分；最后进行后处理，得到模型的应力应变图，具体分析步骤如下：



图 6 分析流程图

在确定实际烟块形状后，为方便分析研究，将不影响最终结果的因素忽略，对模型进行简化，如图 7 所示。而后选择模型材料为被压制后的烟块相似的木质材料，加载约束与载荷，由于上文试验已求得最佳刀门压力，因此在加载载荷时仅对最佳刀门一定邻域内的 0.12KN、0.13KN 和 0.15KN 进行分析验证。随后进行离散化，将模型进行网格划分，如图 8 所示。最后利用软件内部算法对模型进行应力应变分析，分别得出刀门压力为 0.12KN、0.13KN 和 0.15KN 时烟叶所受侧板的压应力为 1412N/m²、1530N/m² 和 1698N/m²。故可知当刀门压力为 0.12KN 时，烟叶受侧板压应力最小，与理论分析的结论相符，其应力图如图 9 所示。

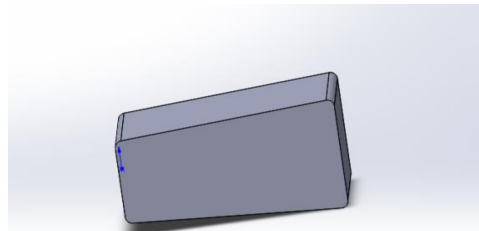


图 7 简化三维模型

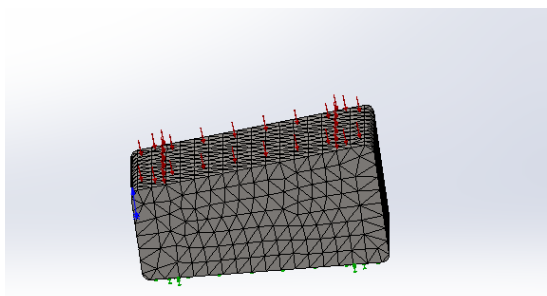


图8 模型网格划分

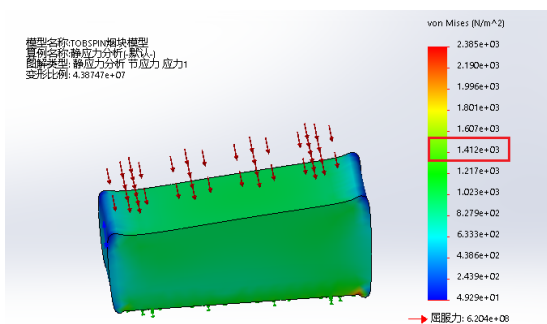


图9 模型应力图

4.2 应用最佳刀门压力与侧板材料的试验验证

在利用 SolidWorks 的 Simulation 插件对最佳刀门压力进行力学验证后,进行现场实际测验,通过将排链通道有机玻璃墙板更换为涂敷特氟龙的不锈钢材质,将刀门处对物料施加的压力值调至 0.12kN,然后再一次对自产牌号 A 进行切制、取样、检测,得出以下结果,如表 5 所示。

通过测试,发现对牌号 A 的六次取样“窗花”烟丝含量的百分数为 0.65%、0.39%、0.52%、0.48%、0.51%和 0.64%,其平均值为 0.53%,经验证切丝后的“窗花”含量得到大幅降低,切制质量得到大幅提升。

表 5 改进后“窗花”烟丝切制情况

牌号	样品数 (g)	窗花含量 (g)	备注		
			整丝率 (%)	碎丝率 (%)	填充值 (cm ³ /g)
延安 (软)	100g	0.65	84.22	2.05	4.10
	100g	0.39	79.58	3.18	4.08
	100g	0.52	79.99	3.55	4.16
	100g	0.48	83.15	2.48	3.98
	100g	0.51	85.19	2.90	4.79
	100g	0.64	83.23	2.36	4.11

5 结论

针对 TOPSPIN 切丝机切制“窗花烟丝”问题,通过对刀门压力进行梯度试验确定出最佳刀门压力,以及将进料输送通道侧板更换为摩擦力更小的表面涂特氟龙的不锈钢板后,成功将“窗花”烟丝占比由 12.95%降为 0.53%,切丝合格率提升至 99%,大幅提升了烟丝切制质量。同时,利用三维软件 SolidWorks 的 Simulation 插件对烟块与侧板间压力进行静力学分析,对所选刀门压力进行了理论验证,为今后烟叶在切制过程中的受力分析奠定基础,具有一定理论研究意义。

【参考文献】

- [1]徐鹏. TOBSPIN 切丝机和 SD504 切丝机的对比分析[J]. 中国设备工程,2018(6):148-149.
 - [2]陈雪梅,王英立,文武. TOBSPIN 型切丝机加工控制原理及其主要特征[J]. 技术与市场,2014,21(2):36-37.
 - [3]胡伟生,潘卫,许斌. 磨刀系统故障影响 TOBSPIN 切丝机停机的研究[J]. 冶金丛刊,2016(4):57-58.
 - [4]杨晓春,王磊. 切丝机传动系统的改造[J]. 烟草科技,2006(4):25.
- 作者简介:庞哲忠,男,延安卷烟厂,机械技术员,高级技师。